

Rozpady jądrowe

Rozpady jądrowe zachodzą jeśli jądro znajdzie się w stanie energetycznym, nie będącym najniższym możliwym dla układu o danej liczbie nukleonów.

Jądra nietrwałe pochodzenia naturalnego są nazywane promieniotwórczymi, a ich rozpady noszą nazwę rozpadów promieniotwórczych.



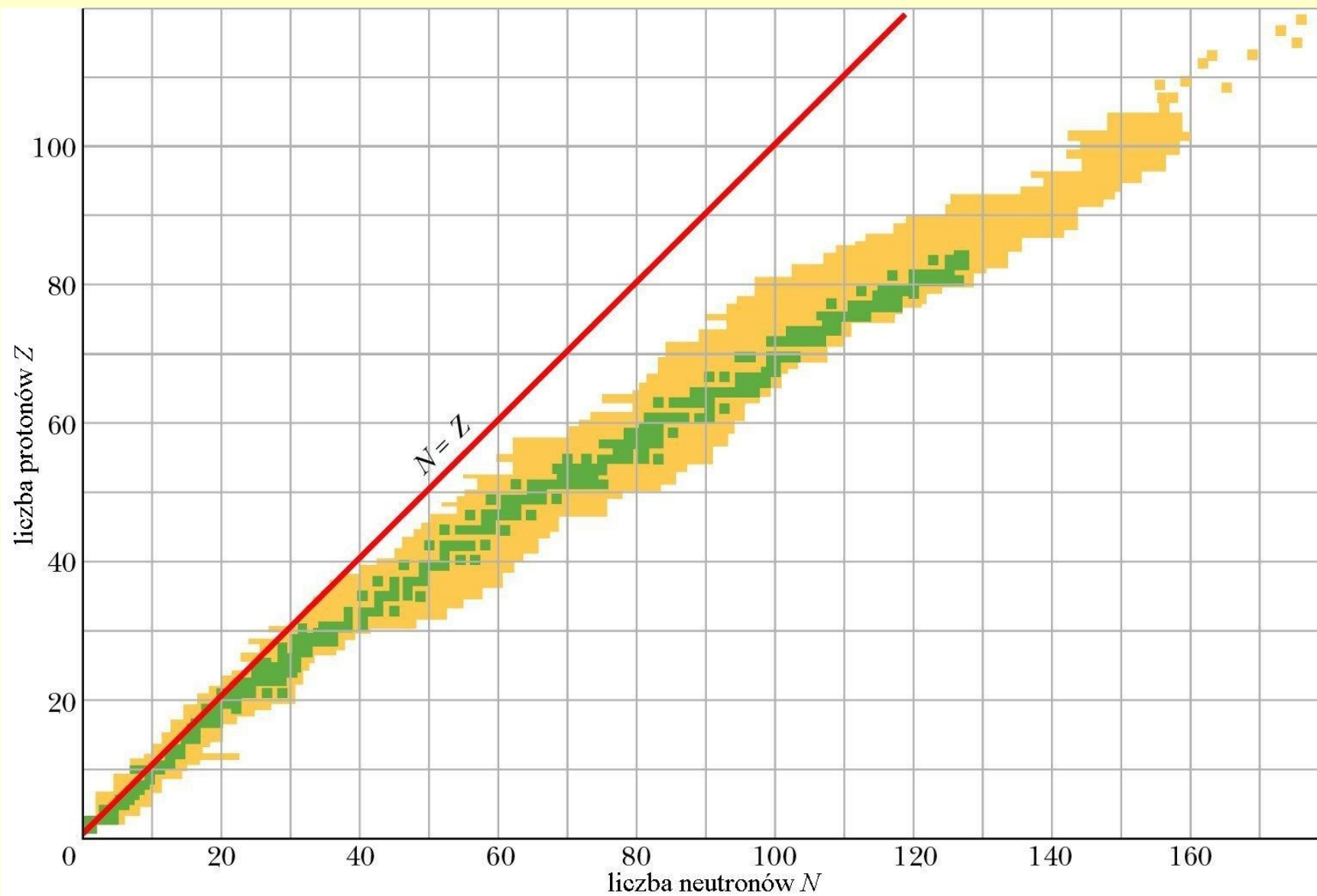
Informacje o jądrach atomowych, ich budowie, stanach energetycznych, oddziaływaniach; również informacje o pochodzeniu Wszechświata.

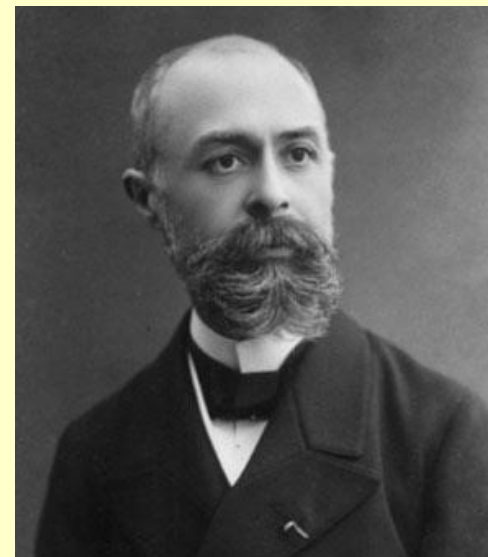
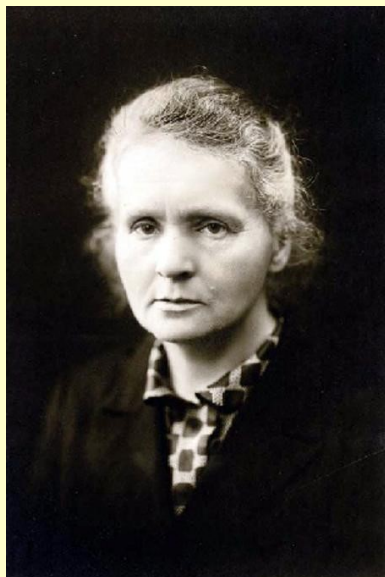
Znane są trzy rodzaje promieniowania:

- **alfa (α)** - jądra helu,
- **beta (β)** - elektrony lub pozytony,
- **gamma (γ)** - fotony.

■ jądra stabilne

■ jądra promieniotwórcze





Maria Curie Skłodowska, Pierre Curie i Antoine Henri Becquerel

Maria Curie – Skłodowska została dwukrotnie uhonorowana **Nagrodą Nobla:**

W dziedzinie fizyki w 1903 r. wraz z mężem Piotrem Curie oraz Becquerelem za prace nad promieniotwórczością (Becquerel odkrył promieniotwórczość).

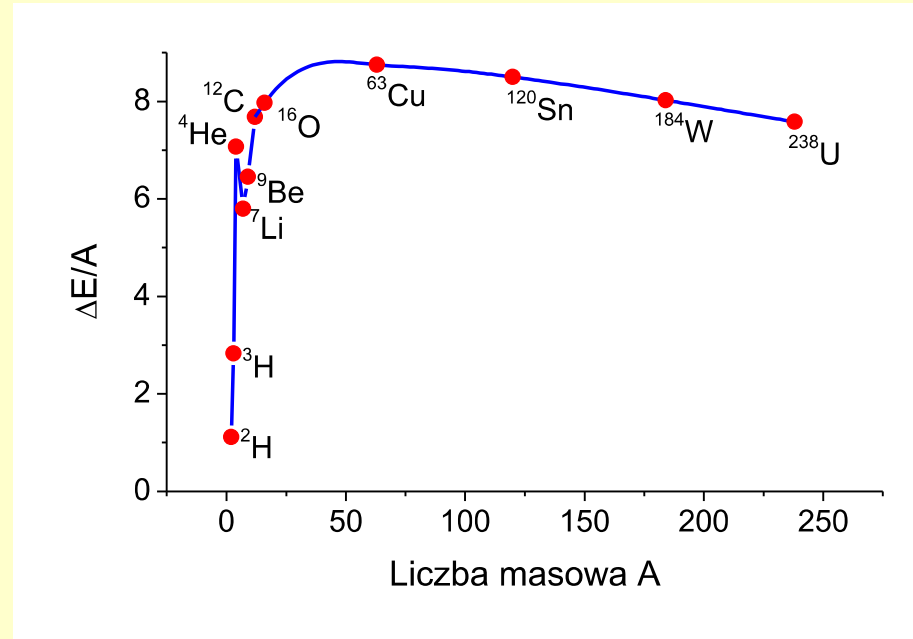
W dziedzinie chemii 1911 r. za rozwój chemii dzięki odkryciu polonu i radu oraz za zbadanie metalicznego radu i jego związków chemicznych.

Rozpad alfa

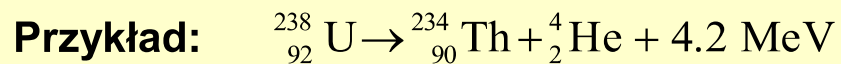
Rozpad alfa → przemiana niestabilnego jądra w nowe jądro przy emisji jądra ${}^4\text{He}$ tzn. cząstki α . Występuje zazwyczaj w jądrach o $Z \geq 82$.

Dla ciężkich jąder energia wiązania nukleonu **maleje ze wzrostem liczby masowej** → **zmniejszenie liczby nukleonów** (w wyniku wypromieniowania cząstki α) → powstanie **silniej związanego jądra**.

Proces zachodzi samorzutnie bo jest korzystny energetycznie.



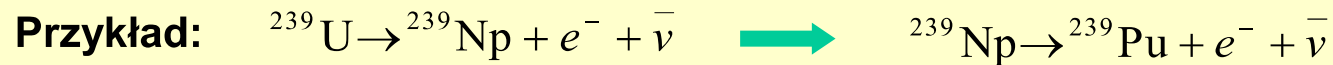
Energia wyzwolona w czasie rozpadu (energetyczny równoważnik niedoboru masy) jest unoszona przez cząstkę α w postaci energii kinetycznej.



Rozpad beta

Jeżeli jądro ma większą od optymalnej liczbę neutronów to w jądrze takim zachodzi **przemiana neutronu w proton - rozpad beta (minus) β^-** .

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} \quad \bar{\nu} - \text{antyneutrino}$$



Gdy jądro ma nadmiar protonów to zachodzi proces przemiany protonu w neutron - **rozpad beta (plus) β^+** .

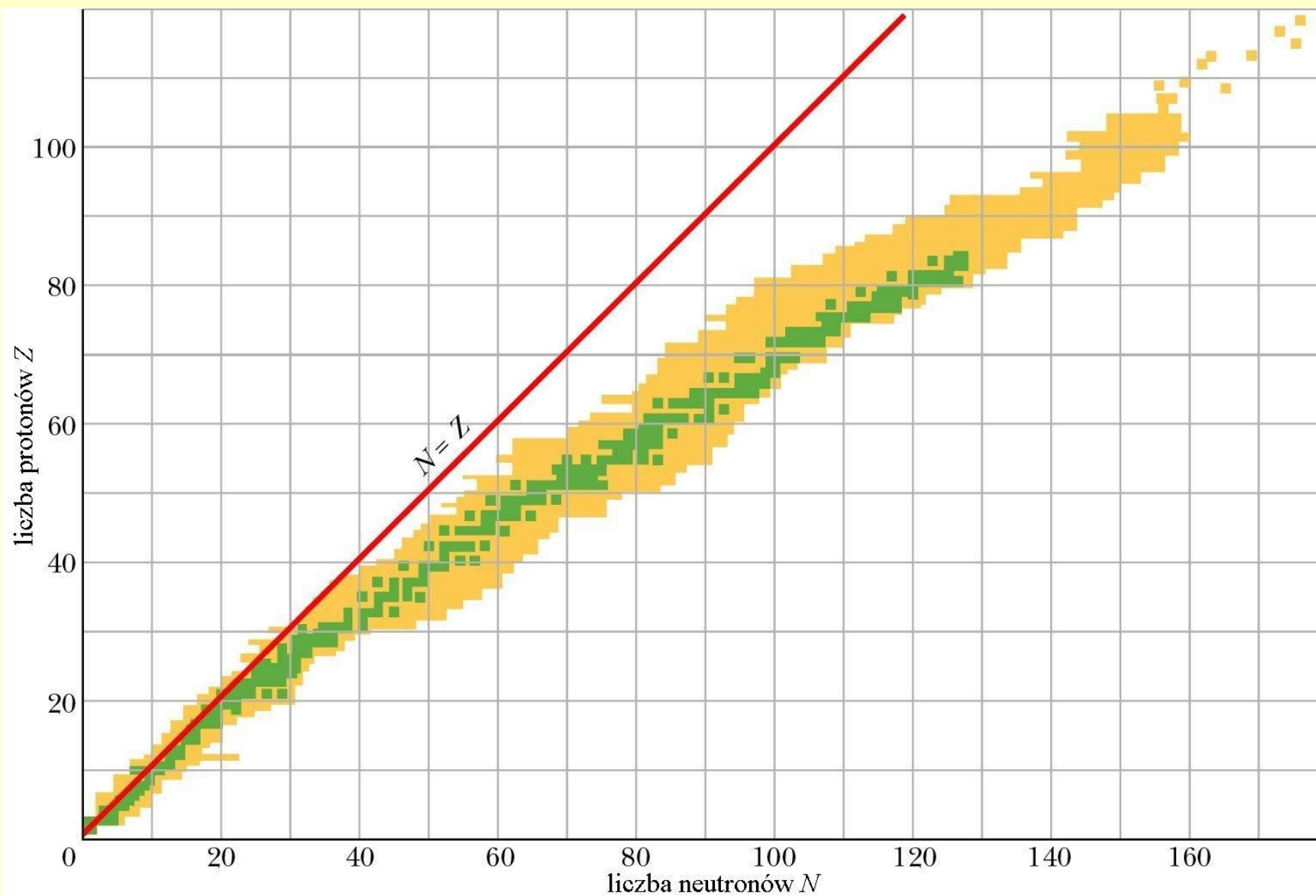
$$p \rightarrow n + e^+ + \nu \quad \nu - \text{neutrino}$$

Promieniowanie gamma

Rozpadom alfa i beta towarzyszy zazwyczaj emisja **wysokoenergetycznego promieniowania elektromagnetycznego** zwanego promieniowaniem **gamma (γ)**. Kwanty promieniowania γ mają **bardzo wysoką energię** (tysiące razy większą od energii fotonów wysyłanych przez atomy).

■ jądra stabilne

■ jądra promieniotwórcze



Prawo rozpadu nuklidów

Eksperyment → liczba jąder rozpadających się w jednostce czasu jest proporcjonalna do aktualnej liczby jąder N .

$$dN = -\lambda N dt \quad \lambda - \text{stała rozpadu}$$

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

$$\int_{N(0)}^{N(t)} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \quad \rightarrow \quad \ln N(t) - \ln N(0) = \ln \frac{N(t)}{N(0)} = -\lambda t \quad \rightarrow \quad \frac{N(t)}{N(0)} = e^{-\lambda t}$$

$$N(t) = N(0) e^{-\lambda t}$$

$N(0)$ jest liczbą jąder w chwili $t = 0$, a $N(t)$ liczbą jąder po czasie t .

lub:
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

N można opisać poprzez średni **czas życia jąder τ** :

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

$$N = N_0 e^{-t/\tau}$$

Szybkość rozpadu \rightarrow czas połowicznego rozpadu (zaniku) T .

T czas, po którym liczba jąder danego rodzaju maleje do połowy

$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 e^{-T/\tau} \qquad 2 = e^{T/\tau}$$

$$T = \tau \ln 2 = 0.693 \tau$$

Czasy połowicznego zaniku pierwiastków leżą w bardzo szerokim przedziale.

$^{238}\text{U} \rightarrow T = 4.5 \cdot 10^9$ lat (porównywalny z wiekiem Ziemi), $^{212}\text{Po} \rightarrow T = 10^{-6}$ s.

Datowanie

Znajomość czasu połowicznego rozpadu → rozpad radionuklidów = zegar

Przykłady:

- $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$ z $T = 1.25 \times 10^9$ lat → pomiar proporcji $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ w skałach pozwala ustalić ich wiek. Podobnie $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ (cykl rozpadów).
Pomiary meteorytów, skał ziemskich i księżycowych → wiek Ziemi około 5×10^9 lat

Krótsze okresy czasu → datowanie radioaktywnym węglem ^{14}C ($T = 5730$ lat)

^{14}C powstaje w atmosferze w wyniku bombardowania przez promieniowanie kosmiczne azotu. 1 atom ^{14}C przypada na 1013 atomów ^{12}C → w organizmach żywych równowaga izotopowa.

Po śmierci wymiana z atmosferą ustaje → ilość radioaktywnego węgla maleje (rozpad) → określenie wieku materiałów pochodzenia biologicznego.

Przypomnienie/podsumowanie:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Prawo rozpadu
promieniotwórczego

(λ - stała rozpadu)

N_0 jest liczbą jąder w chwili $t = 0$, a $N(t)$ liczbą jąder po czasie t .

$$N = N_0 e^{-t/\tau}$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

τ - średni czas
życia jąder

$$T = \tau \ln 2 = 0.693 \tau$$

czas połowicznego zaniku
(okres połowicznego rozpadu)